

PENGUNAAN METODE *COMPROMISE PROGRAMMING* UNTUK MENENTUKAN SUMBER AIR BAKU OPTIMAL DI KOTA BENGKAYANG

Reinhart Todingbua ¹⁾

Abstrak

Kota Bengkulu merupakan ibukota dari Kabupaten Bengkulu. Saat ini di wilayah Kota Bengkulu sudah ada fasilitas sarana dan prasarana penyediaan air bersih yang dikelola PDAM yang sumber air bakunya adalah Riam Madi dengan kapasitas produksi 100 lt/det yang telah diolah untuk menghasilkan pasokan aliran air bersih yang beroperasi selama 8 -10 jam. Namun pelayanan air bersih PDAM masih belum merata atau dapat dikatakan belum optimal karena sampai saat ini baru dapat melayani sekitar 30-35% dari kebutuhan air masyarakat kota Bengkulu. Saat ini pemerintah daerah berupaya untuk mencari alternatif sumber air baku yang dapat dikembangkan menjadi sumber air bersih bagi masyarakat Kota Bengkulu. Adapun alternatif yang menjadi prioritas pengembangan pemerintah Kabupaten Bengkulu adalah sumber air baku Riam Marun, Sungai Bekuan, Sungai Karang, Riam Madi dan Riam Bide. Oleh karena itu maka perlu dilakukan penelitian yang mengkaji sumber air baku mana dari kelima sumber air baku tersebut yang sangat potensial untuk dikembangkan guna kepentingan masyarakat Kota Bengkulu.

Kajian untuk penelitian ini meliputi : prediksi kebutuhan air masyarakat Kota Bengkulu hingga tahun 2032, prediksi ketersediaan air sumber air baku yang ditinjau, mengkaji kualitas air melalui analisa laboratorium dan membuat skala prioritas pengembangan sumber air baku tersebut dengan metode *Compromise Programming*. Data-data yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan hasil survey lapangan dan data dari instansi yang terkait.

Dari analisa kualitas air, dapat dikatakan bahwa bahwa sumber air baku di lokasi studi saat ini, layak untuk dikembangkan sebagai sumber air bersih karena parameternya yang di uji dalam sampel air di lokasi studi sudah memenuhi syarat dari kadar batas maksimum yang diperbolehkan dimana parameter warna tidak boleh lebih besar dari 50 TCU, untuk TDS tidak boleh lebih dari 1000 mg/l dan tidak mengandung senyawa fenol. Apabila ada parameter yang melewati batas yang diijinkan seperti CO, COD dan BOD dapat dilakukan penetralan dengan penambahan zat pengoksidasi pada kadar tertentu sedangkan untuk PO₄ dapat dilakukan dengan cara koagulasi. Dari analisa proyeksi kebutuhan air untuk Kota Bengkulu didapat besarnya kebutuhan air yaitu 413,55 liter/detik sampai dengan tahun 2032. Berdasarkan debit andalan 99% Riam Marun sebesar 1655,40 liter/detik, Sungai Bekuan sebesar 290,27 liter/detik, Riam Madi sebesar 420,060 liter/detik, Sungai Karang 412,81 liter/detik dan Riam Bide sebesar 404,66 liter/detik. Ini menunjukkan dari kelima sumber air baku yang memenuhi kebutuhan bagi penduduk hingga tahun 2032 hanya ada dua yang memenuhi yaitu Riam Marun dan Riam Madi sedangkan untuk Sungai Bekuan, Sungai Karang dan Riam Bide tidak mencukupi kontinuitas bagi penduduk di Kota Bengkulu. Berdasarkan skala prioritas dengan Metode

1) Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

Compromise Programming dari kelima sumber air baku yang diidentifikasi yakni Riam Marun, Sungai Bekuan, Sungai Karangan, Riam Madi dan Riam Bide maka sumber air baku yang layak memenuhi kebutuhan air penduduk untuk Kota Bengkulu hingga tahun 2032 adalah Riam Madi.

Kata-kata kunci: sumber air baku, compromise programming, Kota Bengkulu

1. PENDAHULUAN

Kota Bengkulu merupakan ibukota dari Kabupaten Bengkulu. Status Kota Bengkulu memang masih relatif muda. Kota yang secara historis merupakan pusat pemerintahan, perdagangan dan pengembangan terbesar di wilayah Daerah Aliran Sungai Bengkulu ini berkembang pesat dalam kurun waktu 5 (lima) tahun terakhir.

Saat ini wilayah Kota Bengkulu telah memiliki fasilitas sarana jalan, listrik dan prasarana air bersih namun kondisi existing belum dapat dinikmati seluruh masyarakat, sehingga dapat dikatakan bahwa kondisi existing ini belum optimal. Dibandingkan dengan pertumbuhan prasarana dasar lain seperti jalan, telekomunikasi dan kelistrikan, pertumbuhan pelayanan air bersih di Kota Bengkulu masih tertinggal.

Saat ini Kota Bengkulu juga sudah memiliki fasilitas sarana dan prasarana penyediaan air bersih yang dikelola PDAM yang sumber air bakunya berasal dari Riam Madi dengan kapasitas produksi 100 lt/det yang telah diolah untuk menghasilkan pasokan aliran air bersih yang beroperasi selama 8 -10 jam. Namun pelayanan air bersih PDAM ini masih belum merata karena sementara ini baru dapat melayani sekitar 30-35% dari

kebutuhan air masyarakat kota Bengkulu. Selain dari PDAM, sebagian masyarakat kota Bengkulu juga menggunakan air tanah dangkal dimana kualitas airnya cukup baik digunakan sebagai sumber air bersih terutama bagi masyarakat yang belum menjadi pelanggan atau tidak terjangkau oleh pelayanan PDAM. Namun air tanah dangkal tersebut pada musim kemarau kuantitasnya semakin menurun sehingga tidak dapat diandalkan sebagai sumber air bersih.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air, Air Bersih dan Air Minum

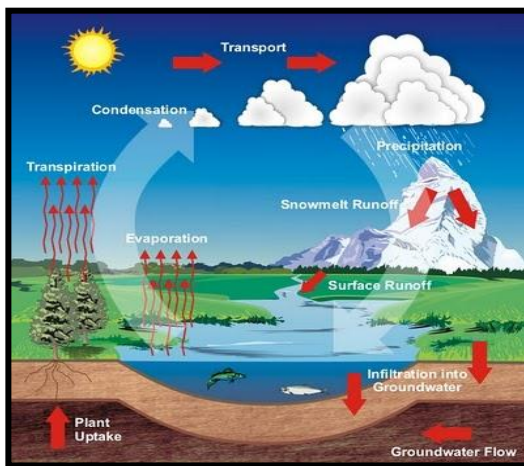
Air merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia dalam kehidupan sehari-hari. Selain dikonsumsi sebagai air minum, mandi, masak, air juga digunakan untuk keperluan dalam bidang pertanian, perikanan, industri, transportasi dan lain sebagainya. Dalam UU RI No.7 Tahun 2004 dan Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 907 Tahun 2002, disebutkan beberapa pengertian terkait dengan air, yaitu sebagai berikut:

- a) Sumber daya air adalah air dan daya air yang terkandung di dalamnya.
- b) Air adalah semua air yang terdapat pada di atas, ataupun di bawah permukaan tanah.

- c) Air Bersih (clean water) adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak.
- d) Air Minum (drinking water) adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum.

2.2 Hidrologi dan Siklus Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari tentang terjadinya pergerakan dan distribusi air di bumi, seluk-beluk air baik di atas maupun di bawah permukaan bumi, tentang sifat fisik, kimia air serta reaksinya terhadap lingkungan dan hubungannya dengan kehidupan. Secara umum dapat dikatakan bahwa hidrologi adalah ilmu yang menyangkut masalah kualitas dan kuantitas air di bumi.



Gambar 1 Siklus Hidrologi

2.3 Syarat Kualitas Air

Untuk memenuhi kebutuhan dan meningkatkan pelayanan air bersih bagi penduduk, diperlukan air baku dengan kualitas yang memadai dan cukup untuk diolah sebagai air bersih. Adapun syarat air bersih meliputi :

- a) Persyaratan Fisik
Air tersebut tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau. Air tersebut harus jernih.
- b) Persyaratan Kimia
Air tersebut tidak boleh mengandung zat kimia tertentu yang melampaui batas yang ditentukan
- c) Persyaratan Mikrobiologi
Air tersebut tidak boleh mengandung mikrobiologi yang menyebabkan penyakit.

2.4 Standar Kualitas Air

Yang dimaksud dengan standar kualitas air adalah persyaratan kualitas air yang ditetapkan oleh suatu negara atau daerah untuk keperluan perlindungan badan air sesuai pemanfaatannya. Persyaratan kualitas air biasanya ditentukan berdasarkan pendekatan yang berkaitan dengan perlindungan terhadap kesehatan manusia maupun yang berkaitan dengan konservasi lingkungan hidup. Persyaratan yang berkaitan dengan kesehatan manusia biasanya mensyaratkan pengawasan yang sangat ketat terhadap kandungan racun dan logam-logam berat. Ini biasanya identik dengan standar kualitas air minum, dengan

persyaratan yang berkaitan dengan konservasi lingkungan hidup menyangkut persyaratan diperlukan bagi pemanfaatan lainnya termasuk perlindungan terhadap kelangsungan kehidupan dalam lingkungan akuatik. Berdasarkan standar acuan mengenai Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengolahan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air, klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 kelas:

- a) **Kelas Satu**, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum dan peruntukan lain mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- b) **Kelas Dua**, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk sarana/prasarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian dan atau untuk peruntukan lainnya yang mensyaratkan mutu air yang sama untuk kegunaan tersebut.
- c) **Kelas Tiga**, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk magairi pertanian, dan atau peruntukan lainnya yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- d) **Kelas Empat**, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan atau peruntukan lainnya yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Tabel 1 Kelas Mutu Air PP RI No.82 Tahun 2001 Parameter Fisika

NO	PARAMETER	SATUAN	KADAR MAKSIMUM PERMENKES RI No. 416/Menkes/Per/IX/1990	KELAS MUTU AIR PP RI No.82 Tahun 2001			
				I	II	III	IV
A. FISIKA							
1	Residu Tersuspensi (TSS)	mg/L	-	50	50	400	2000
2	Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/L	1500	1000	1000	1000	2000
3	Suhu (Temperatur)	°C	±3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3
4	Turbidity	Skala NTU	5	25	25	25	25
5	Wama	Pt. Co	15	50	50	50	50
6	Rasa	-	Tidak Bersasa	-	-	-	-
7	Bau	-	Tidak Berbau	-	-	-	-
8	Debit	m³/s	-	-	-	-	-
9	Daya Hantar Listrik (DHL)	-	-	-	-	-	-

Tabel 2 Kelas Mutu Air PP RI No.82 Tahun 2011 Parameter Kimia Anorganik

NO	PARAMETER	SATUAN	KADAR MAKSIMUM PERMENKES RI No. 416/Menkes/Per/IX/1990	KELAS MUTU AIR PP RI No.82 Tahun 2001			
				I	II	III	IV
B. KIMIA ANORGANIK							
10	Arsen (As)	mg/L	0,05	0,05	1	1	1
11	Amoniak (NH4)	mg/L	0	0,5	-	-	-
12	Aluminium (Al)	mg/L	0,2	-	-	-	-
13	Besi (Fe)	mg/L	1	0,3	-	-	-
14	Cadmium (Cd)	mg/L	0,005	0,01	0,01	0,01	0,01
15	COD	mg/L	-	10	10	10	10
16	BOD	mg/L	-	2	2	2	2
17	DO	mg/L	-	6	6	6	6
18	Fluorida (F)	mg/L	1,5	0,5	1,5	1,5	1,5
19	Klorida (Cl)	mg/L	600	600	-	-	-
20	Klorin bebas, (Sebagai Cl ₂)	mg/L	-	0,03	0,03	0,03	-
21	Kromium valensi 6 (Cr ⁶⁺)	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	1
22	Kalsium (Ca)	mg/L	200	200	200	200	200
23	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/L	500	500	500	500	500
24	Mercuri (Hg)	ppb	1	1	2	2	5
15	COD	mg/L	-	10	10	10	10
16	BOD	mg/L	-	2	2	2	2
17	DO	mg/L	-	6	6	6	6
18	Fluorida (F)	mg/L	1,5	0,5	1,5	1,5	1,5
19	Klorida (Cl)	mg/L	600	600	-	-	-
20	Klorin bebas, (Sebagai Cl ₂)	mg/L	-	0,03	0,03	0,03	-
21	Kromium valensi 6 (Cr ⁶⁺)	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	1
22	Kalsium (Ca)	mg/L	200	200	200	200	200
23	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/L	500	500	500	500	500
24	Mercuri (Hg)	ppb	1	1	2	2	5

Tabel 3 Kelas Mutu Air PP RI No.82 Tahun 2011 Parameter Kimia Anorganik (lanjutan)

NO	PARAMETER	SATUAN	KADAR MAKSIMUM PERMENKES RI No. 416/Menkes/Per/X/1990	KELAS MUTU AIR PP RI No.82 Tahun 2011			
				I	II	III	IV
25	Mangan (Mn)	mg/L	0,5	0,1	-	-	-
26	Magnesium (Mg)	mg/L	150	-	-	-	-
27	Nitrat (NO ₃)	mg/L	10	10	10	29	20
28	Nitrit (NO ₂)	mg/L	1	0,06	0,06	0,06	-
29	pH	mg/L	6,5-9,0	6,0-9,0	6,0-9,0	6,0-9,0	5,0-9,0
30	Selenium (Se)	mg/L	0,01	0,01	0,05	0,05	0,05
31	Seng (Zn)	mg/L	1,5	0,05	0,05	0,05	0,05
32	Sianida (CN)	mg/L	0,1	0,02	0,02	0,02	-
33	Sulfat (SO ₄)	mg/L	400	400	-	-	-
34	Sulfida (H ₂ S)	mg/L	-	0,002	0,002	0,002	-
35	Sulfida	mg/L	-	-	-	-	-
36	Timbal (Pb)	mg/L	0,05	0,03	0,03	0,03	1
37	Tembaga (Cu)	mg/L	1	0,02	0,02	0,02	0,2
38	Total Fosfat, (sebagai PO ₄)	mg/L	-	0,2	0,2	1	5

2.5 Kebutuhan Air

2.5.1 Kebutuhan Domestik

Kebutuhan air bersih suatu kota akan tergantung pada beberapa faktor yang mempengaruhi kota tersebut. Faktor-faktor tersebut antara lain taraf hidup masyarakat, kebiasaan sehari-hari dan kemudahan mendapatkan air. Kebutuhan air bersih suatu kota meliputi, kebutuhan air untuk domestik dan non domestik.

2.5.1.1 Kebutuhan Air Domestik

Menurut NSPM KIMPRASWIL; Pedoman/Petunjuk Dan Manual, kebutuhan air domestik terdiri atas kebutuhan rumah tangga dan hidran umum. Besarnya berdasarkan atas banyaknya jumlah penduduk dengan perbandingan pelayanan sambungan rumah tangga dan hidran umum. Standar kebutuhan air untuk tiap orang menurut NSPM KIMPRASWIL;

Pedoman/Petunjuk Dan Manual, Edisi Pertama, Desember 2002, Bagian 6 (Volume II dan III); 24 seperti berikut:

Tabel 4 Pemakaian Air untuk Kebutuhan Domestik

No	Jenis	Persentase Pelayanan	Tingkat Pelayanan
1	Hidran Umum (HU)	Tergantung dari hasil studi dan kebijakan daerah yaitu berkisar antara 20-40% dari pelayanan	Tergantung dari hasil studi dan kebijakan daerah yaitu berkisar antara 50-100 jiwa/HU
2	Sambungan Rumah (SR)	Tergantung dari hasil studi dan kebijakan daerah yaitu berkisar antara 60-80% dari pelayanan	Kategori kota yaitu : • metropoliten 190 • kota besar 170 • kota sedang 150 • kota kecil 130 • kecamatan 100 dengan perkiraan 1 SR melayani 5-6 jiwa
3	Pemadam Kebakaran	Kebutuhan pemadam kebakaran diambil 20% dari kapasitas reservoir atau 5% dari kebutuhan domestik	

2.5.1.2 Kebutuhan Air Non Domestik Menurut NSPM KIMPRASWIL; Pedoman/Petunjuk Dan Manual, kebutuhan air non domestik adalah kebutuhan air bersih di luar kebutuhan untuk rumah tangga seperti berikut:

Tabel 5 Pemakaian Air untuk Kebutuhan Non Domestik

No.	Jenis Kebutuhan	Pemakaian air rata-rata perhari (liter)	Keterangan
1	Kantor	100-200	per karyawan
2	Rumah Sakit	250-1000	setiap tempat tidur pasien pasien luar : 8 liter pegawai : 8 liter
3	Gedung Bioskop	10	per pengunjung
4	SD, SLTP	40-50	per murid, guru : 100 liter
5	SLTA dan lebih tinggi	80	per murid, guru : 100 liter
6	Laboratorium	100-200	per karyawan
7	Toseba	3	pengunjung, karyawan : 100 liter
8	Industri/pabrik	buruh pria : 80 buruh wanita : 100	per orang per shift
9	Stasiun dan Terminal	3	setiap pengunjung
10	Restoran	30	penghuni : 160 liter
11	Hotel	250-300	untuk setiap tamu
12	Perkumpulan Sosial	10	setiap tamu
13	Tempat ibadah	10	jumlah jemaah setiap hari

Untuk mengetahui besarnya kebutuhan air pada tahun ke depan, maka dilakukan perhitungan dengan terlebih dahulu melakukan proyeksi jumlah penduduk dengan metoda berikut:

a) Metoda aritmatika

$$P_n = P_o + K_a (T_n - T_o) ; K_a = \frac{P_2 - P_1}{T_2 - T_1} \quad (1)$$

P_n = jumlah penduduk pada tahun ke-n

P_o = jumlah penduduk pada tahun dasar

T_n = tahun ke-n

T_o = tahun dasar

K_a = konstanta aritmatika

P_1 = jumlah penduduk yang diketahui pada tahun i

P_2 = jumlah penduduk yang diketahui pada tahun terakhir

b) Metoda geometrik

$$P_n = P_o (1 + r)^n \quad (2)$$

P_n = jumlah penduduk pada tahun ke-n

P_o = jumlah penduduk pada tahun dasar

r = laju pertumbuhan penduduk per tahun

n = jumlah interval tahun

c) Metoda *least square*

$$Y = a + bx \quad (3)$$

$$a = \frac{\sum Y \cdot \sum X^2 - \sum X \cdot \sum XY}{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2},$$

$$b = \frac{n \cdot \sum X \cdot Y - \sum X \cdot \sum Y}{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

Y = jumlah penduduk pada tahun

ke-x

n = jumlah interval tahun

a, b = konstanta

Dari metode yang digunakan harus dilakukan pengujian untuk mendapatkan metode yang cocok digunakan. Metode proyeksi yang digunakan adalah metode yang memiliki standar deviasi yang kecil.

$$s = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n - 1}} \text{ untuk } n > 20 \quad (4)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n}} \text{ untuk } n < 20 \quad (5)$$

s = standar deviasi

y = variabel independent

\bar{y} = rata-rata

n = jumlah data

2.6 Debit, Debit Andalan dan Pengukuran Debit Lapangan

2.6.1 Debit

Menurut Soewarno (1991:159) debit (discharge) atau besarnya aliran sungai adalah volume aliran yang mengalir melalui suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Biasanya dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik

(m³/det) atau liter per detik .Aliran adalah pegerakan air di dalam alur sungai.

2.6.2 Debit Andalan

Debit andalan (dependable discharge) adalah debit yang diandalkan akan terjadi sesuai probabilitas yang diinginkan (Soemarto,1986). Beberapa nilai probabilitas yang diandalkan dalam beberapa studi maupun proyek adalah sebagai berikut.

- a) untuk penyediaan air minum (PDAM) : 99%
- b) untuk pembangkit listrik tenaga air (PLTA): 85%-90%
- c) untuk penyediaan air industri : 88%-95%
- d) untuk penyediaan air irigasi
 - daerah beriklim setengah lembab : 70%-85%
 - daerah beriklim terang : 80%-90%

2.6.3 Pengukuran Debit Lapangan

Pada dasarnya menurut Soewarno (1991:159), pengukuran debit adalah pengukuran luas penampang basah, kecepatan aliran dan tinggi muka air. Rumus umum yang biasa digunakan adalah:

$$Q = \sum (A \times V) \quad (6)$$

Keterangan :

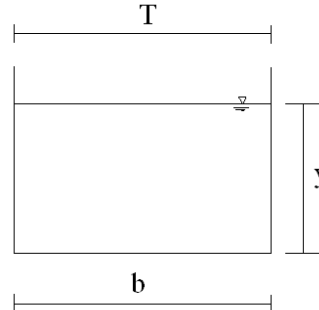
Q = debit (m³/det)

A = luas bagian penampang basah (m²)

V = Kecepatan aliran rata-rata pada luas bagian penampang basah (m/det)

Dengan demikian pengukuran debit adalah proses pengukuran dan perhitungan kecepatan aliran, kedalaman dan lebar aliran serta perhitungan luaspenampang basah untuk menghitung debit dan pengukuran tinggi muka airnya.Dalam memilih penampang saluran biasanya digunakan penampang berbentuk persegi panjang atau trapesium tergantung data yang dimiliki.

a) Penampang Persegi Panjang



Gambar 2 Penampang persegi panjang

Berdasarkan Vente Chow (1989:19), unsur-unsur geometris penampang persegi panjang adalah

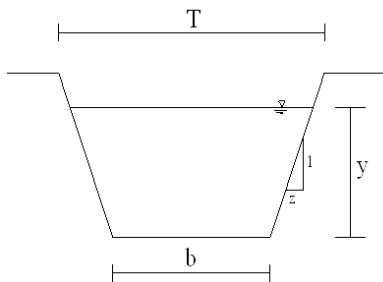
Luas (A) = $b \times y$ (7)

Keliling Basah (P) = $b + 2y$ (8)

Jari-jari Hidraulik = $\frac{A}{P} = \frac{by}{b+2y}$ (9)

$$\begin{aligned} \text{Lebar Puncak (T)} &= b(10) \\ \text{Kedalaman Hidraulik (D)} &= y \quad (11) \end{aligned}$$

b) Penampang Trapesium



Gambar 3 Penampang trapesium

Berdasarkan Vente Chow (1989:19), unsur-unsur geometris penampang trapesium adalah
Luas (A) = $(b + zy)y$ (12)

$$\text{Keliling Basah (P)} = b + 2y\sqrt{1 + z^2} \quad (13)$$

$$\text{Jari-jari Hidraulik} = \frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}} \quad (14)$$

$$\text{Lebar Puncak (T)} = b + 2zy \quad (15)$$

Kedalaman Hidraulik (D) = $\frac{(b + zy)y}{b + 2zy}$ (16) Namun terkadang kondisi di lapangan tidak memungkinkan kita untuk mengukur sedetail-deatilnya. Sehingga untuk luas (A) penampang basah dapat didekati secara matematis dengan persamaan trapesium yaitu:

$$A = \left(\frac{a+b}{2}\right)t \quad (16)$$

Dengan,

a = T = lebar puncak,
b = lebar dasar saluran
t = y = kedalaman aliran
sehingga persamaan 16 dapat ditulis menjadi:

$$A = \left(\frac{T+b}{2}\right)y \quad (17)$$

2.7 Pengumpulan Data Kecepatan Aliran Rata-rata

Pengukuran debit lapangan untuk penelitian ini dilakukan dengan membagi penampang sungai menjadi 3 (tiga) pias, yakni pada $\frac{1}{4}L$, $\frac{1}{2}L$ dan $\frac{3}{4}L$. Pada masing-masing pias dilakukan pengukuran pulang dan pengukuran pergi pada kedalaman 0,2, 0,6, dan 0,8 kedalaman aliran. Untuk mendapatkan kecepatan aliran rata-rata pada kondisi pulang dan pergi menurut Soewarno (1991:201) dilakukan kompilasi hasil pengukuran dengan menggunakan rumus:

$$\bar{v} = \frac{1}{2}x \left[V_{0.6} + \left(\frac{v_{0.2} + v_{0.8}}{2} \right) \right] \quad (18)$$

2.8 Ketersedian Air

Metoda Mock dikembangkan oleh Dr. F. J. Mock (Mock 1973) berdasarkan daur hidrologi/siklus hidrologi. Metoda Mock dikembangkan untuk menghitung debit bulanan rata-rata. Perhitungan debit andalan dengan menggunakan metode mock, dilakukan dengan:

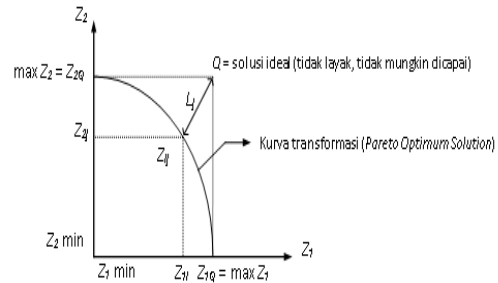
- 1) perhitungan evapotranspirasi, evapotranspirasi potensial (metoda Penman) dan evapotranspirasi actual
- 2) perhitungan water surplus
- 3) perhitungan base flow, direct run off dan storm run off

Data-data yang dibutuhkan dalam perhitungan debit dengan metode mock ini adalah

- a) Data meteorologi (data curah hujan dan data klimatologi)
- b) Data luas *catchment area* (Km²)
- c) Data debit terukur

2.9 Penentuan Sumber Air Baku yang Diprioritaskan Untuk Dikembangkan Dengan Metode Compromise Programming

Metoda Compromise Programming digunakan untuk menentukan lokasi sumber air baku yang paling potensial. Metode Compromise Programming diterapkan misal kita mempunyai 2 tujuan dan beberapa alternatif solusi. Prinsip metode ini adalah dengan berusaha menentukan letak titik yang paling dekat dengan titik solusi ideal (maksimum pada kedua tujuan). Secara geometris dapat dilukiskan pada gambar. Titik optimal adalah titik kurva transformasi yang mempunyai jarak terhadap Q yang minimum. Jadi harus dicari nilai L_j minimum.



Gambar 4 Ilustrasi skema metode *Compromise Programming*

Pengukuran jarak tersebut dapat digunakan dengan 4 cara sebagai berikut.

1) *Euclidean Distance*

$$\min_j L_j = \left[\sum_{i=1}^2 (Z_{iQ} - Z_{ij})^2 \right]^{0,5} \quad (19)$$

$Z_{iQ} = \max_j Z_{ij}$ = nilai optimal dari tujuan j

2) *Normalized Distance*

Jika masing-masing tujuan atau objektif mempunyai batas interval ukuran yang berbeda, maka perlu dilakukan penyeragaman (normalisasi).

$$\min_j L_j = \left[\sum_{i=1}^2 \left\{ \frac{(Z_{iQ} - Z_{ij})}{|Z_{i \max} - Z_{i \min}|} \right\}^2 \right]^{0,5} \quad (20)$$

3) *Normalized Distance* dengan factor bobot (α)

Cara ini diterapkan apabila masing-masing tujuan mempunyai bobot prioritas yang tidak sama.

$$\min_j L_j = \left[\sum_{i=1}^2 \left\{ \frac{\alpha_i (Z_{iQ} - Z_{ij})}{|Z_{i\max} - Z_{i\min}|} \right\}^2 \right]^{0,5}$$

4) *Generalized Distance*

$$\min_j L_j = \left[\sum_{i=1}^2 \left\{ \frac{\alpha_i (Z_{iQ} - Z_{ij})}{|Z_{i\max} - Z_{i\min}|} \right\}^p \right]^{1/p}$$

$p = 1 \rightarrow \text{collective utility}$

$p = 2 \rightarrow \text{weighted distance (euclidean)}$

$p = \infty \rightarrow \text{min max solution,}$

yang dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\min_j L_j = \max_i \left\{ \frac{\alpha_i (Z_{iQ} - Z_{ij})}{|Z_{i\max} - Z_{i\min}|} \right\} \quad (2B)$$

Dalam metode Compromise Programming, pemberian nilai digunakan diantaranya dengan metoda delphi dan nominal group teknik (NGT).). Metoda delphi adalah proses pembuatan keputusan dimana anggota satu dengan yang lainnya berkomunikasi langsung. Pendekatan ekstrim lainnya adalah metoda rapat, dimana anggota bertatap muka (rapat) satu dengan lainnya dan berdebat langsung untuk mempertahankan pendapatnya masing-masing. Nominal Group Teknik (NGT) adalah metoda pengambilan keputusan yang berada diantara metoda

delphi dan metoda rapat. Dalam NGT, antara anggota terjadi kontak/tatap muka, atau juga dapat mengisi selebaran (semacam angket) dimana jawaban antar anggota diharapkan benar-benar merupakan jawabannya sendiri, bukan hasil dari anggota lainnya. Jumlah anggota dalam NGT biasanya minimal 7 orang.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian untuk skripsi ini berupa penelitian terapan, yakni penelitian yang dilakukan dengan tujuan menerapkan, menguji dan mengevaluasi kemampuan suatu teori yang diterapkan dalam memecahkan masalah-masalah praktis, jika ditinjau berdasarkan pendekatannya, maka penelitian untuk skripsi ini termasuk campuran penelitian survei, penelitian eksperimen, penelitian naturalistik, penelitian research, dan penelitian evaluasi. Adapun penelitian ini meliputi:

- 1) Pengumpulan data primer meliputi data parameter kualitas air dari hasil pemeriksaan uji laboratorium, data pengukuran elevasi, jarak sumber air baku ke pemukiman terdekat dan data pengukuran penampang sungai.
- 2) Pengumpulan data sekunder meliputi data hidrologi, data statistik, peta-peta, data pembanding dan pelengkap serta data geografi.

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pemeriksaan Kualitas Sampel Air

Berdasarkan analisis di laboratorium Uji Dinas Kesehatan RSUD dr. Sudarso dimana parameter yang di uji adalah parameter fisika, kimia anorganik dan kimia organik dan untuk kelima sampel air yang diambil dari sungai karangan, sungai bekuan, riam marun, riam madi dan riam bide secara umum tidak ada yang melebihi kadar sesuai PP R.I. Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air.

Tabel 6 Hasil Uji Kualitas Air Parameter Fisika

NO.	PARAMETER BERDASARKAN PP R.I. Nomor 82 Tahun 2001	SATUAN	HASIL LABORATORIUM		
			SUNGAI KARANGAN	SUNGAI BEKUAN	RIAM MARUN
A. FISIKA					
1	Residu Tersuspensi (TSS)	mg/L	12	10	15
2	Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/L	12	21	17
3	Suhu (Temperatur)	°C	26,9	26,8	26,2
4	Turbidity	Skala NTU	1,0	9	7
5	Warna	Pt. Co	14	36	25
6	Rasa	-	Tidak Berasa	Tidak Berasa	Tidak Berasa
7	Bau	-	Tidak Berbau	Tidak Berbau	Tidak Berbau
8	Debit	m³/s	-	-	-
9	Daya Hantar Listrik (DHL)	-	-	-	-

Tabel 7 Hasil Uji Kualitas Air Parameter Fisika

NO.	PARAMETER BERDASARKAN PP R.I. Nomor 82 Tahun 2001	SATUAN	HASIL LABORATORIUM	
			RIAM MADI	RIAM BIDE
A. FISIKA				
1	Residu Tersuspensi (TSS)	mg/L	7	10
2	Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/L	17	21
3	Suhu (Temperatur)	°C	26	26,8
4	Turbidity	Skala NTU	5	9
5	Warna	Pt. Co	30	36
6	Rasa	-	Tidak Berasa	Tidak Berasa
7	Bau	-	Tidak Berbau	Tidak Berbau
8	Debit	m³/s	-	-
9	Daya Hantar Listrik (DHL)	-	-	-

Tabel 8 Hasil Uji Kualitas Air Parameter Kimia Anorganik

NO.	PARAMETER BERDASARKAN PP R.I. Nomor 82 Tahun 2001	SATUAN	HASIL LABORATORIUM		
			SUNGAI KARANGAN	SUNGAI BEKUAN	RIAM MARUN
B. KIMIA ANORGANIK					
10	Arsen (As)	mg/L	-	-	-
11	Amoniak (NH4)	mg/L	-	-	-
12	Aluminium (Al)	mg/L	0	0	0
13	Besi (Fe)	mg/L	≤ 0,0064	≤ 0,0064	0,0043
14	Cadmium (Cd)	mg/L	-	-	-
15	COD	mg/L	1	3	3
16	BOD	mg/L	0,2	0,5	0,7
17	DO	mg/L	6,8	6,2	6,4
18	Flourida (F)	mg/L	-	-	-
19	Klorida (Cl)	mg/L	-	-	-
20	Klorin bebas, (Sebagai Cl ₂)	mg/L	-	-	-
21	Kromium valensi 6 (Cr ⁶)	mg/L	-	-	-
22	Kalsium (Ca)	mg/L	-	-	-
23	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/L	-	-	-
24	Merkuri (Hg)	ppb	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 0,2

Tabel 8 Hasil Uji Kualitas Air Parameter Kimia Anorganik

NO.	PARAMETER BERDASARKAN PP R.I. Nomor 82 Tahun 2001	SATUAN	HASIL LABORATORIUM		
			SUNGAI KARANGAN	SUNGAI BEKUAN	RIAM MARUN
25	Mangan (Mn)	mg/L	-	-	-
26	Magnesium (Mg)	mg/L	7,5	8	6,8
27	Nitrat (NO₃)	mg/L	-	-	-
28	Nitrit (NO₂)	mg/L	-	-	-
29	pH	mg/L	6,08	6,18	6,24
30	Selenium (Se)	mg/L	-	-	-
31	Seng (Zn)	mg/L	0,1	0,1	0,3
32	Sianida (CN)	mg/L	-	-	-
33	Sulfat (SO₄)	mg/L	0,5231	0,4653	0,4843
34	Sulfida (H₂S)	mg/L	0	0	0
35	Salinitas	mg/L	-	-	-
36	Timbal (Pb)	mg/L	0	0	0
37	Tembaga (Cu)	mg/L	0	0	0
38	Total Fosfat, (sebagai PO₄)	mg/L	0,17	0,19	0,17

Tabel 9 Hasil Uji Kualitas Air Parameter Kimia Anorganik

NO.	PARAMETER BERDASARKAN PP R.I. Nomor 82 Tahun 2001	SATUAN	HASIL LABORATORIUM	
			RIAM MADI	RIAM BIDE
10	Arsen (As)	mg/L	-	-
11	Amoniak (NH ₄)	mg/L	-	-
12	Alumunium (Al)	mg/L	0	0
13	Besi (Fe)	mg/L	0,0035	≤ 0,0064
14	Cadmium (Cd)	mg/L	-	-
15	COD	mg/L	3	3
16	BOD	mg/L	0,7	0,5
17	DO	mg/L	6	6,2
18	Fluorida (F)	mg/L	-	-
19	Klorida (Cl)	mg/L	-	-
20	Klorin bebas, (Sebagai Cl ₂)	mg/L	-	-
21	Kromium valensi 6 (Cr ⁶)	mg/L	-	-
22	Kalsium (Ca)	mg/L	-	-
23	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/L	-	-
24	Merkuri (Hg)	ppb	≤ 0,2	≤ 0,2

Tabel 10 Hasil Uji Kualitas Air Parameter Kimia Anorganik

NO.	PARAMETER BERDASARKAN PP R.I. Nomor 82 Tahun 2001	SATUAN	HASIL LABORATORIUM	
			RIAM MADI	RIAM BIDE
25	Mangan (Mn)	mg/L	-	-
26	Magnesium (Mg)	mg/L	6,8	8
27	Nitrat (NO ₃)	mg/L	-	-
28	Nitrit (NO ₂)	mg/L	-	-
29	pH	mg/L	6,13	6,18
30	Selenium (Se)	mg/L	-	-
31	Seng (Zn)	mg/L	0,3	0,1
32	Sianida (CN)	mg/L	-	-
33	Sulfat (SO ₄)	mg/L	0,5134	0,4653
34	Sulfida (H ₂ S)	mg/L	0	0
35	Salinitas	mg/L	-	-
36	Timbal (Pb)	mg/L	0	0
37	Temaga (Cu)	mg/L	0	0
38	Total Fosfat, (sebagai PO ₄)	mg/L	0,17	0,19

Tabel 11 Hasil Uji Kualitas Air Parameter Kimia Organik

NO.	PARAMETER BERDASARKAN PP R.I. Nomor 82 Tahun 2001	SATUAN	HASIL LABORATORIUM		
			SUNGAI KARANGAN	SUNGAI BEKUAN	RIAM MARUN
39	Zat Organik (KMnO ₄)	mg/L	0	-	-
40	Fenol	mg/L	0	-	-
41	Minyak dan Lemak	mg/L	0	0	0
42	Deterjen (MBAS)	mg/L	0	0,0025	0,0032

Tabel 12 Hasil Uji Kualitas Air Parameter Kimia Organik

NO.	PARAMETER BERDASARKAN PP R.I. Nomor 82 Tahun 2001	SATUAN	HASIL LABORATORIUM	
			RIAM MADI	RIAM BIDE
39	Zat Organik (KMnO ₄)	mg/L	-	-
40	Fenol	mg/L	-	-
41	Minyak dan Lemak	mg/L	0	0
42	Deterjen (MBAS)	mg/L	0,0029	0,0025

4.2 Hasil Pengukuran Hidrologi/Hidrometri Pada Sumber Air Baku Yang Diteliti

Kecepatan aliran sangat mempengaruhi dalam penghasilan debit yang dihasilkan ini dikarenakan kecepatan aliran berbanding lurus dengan luas penampang.

4.3 Analisa Kebutuhan Air Bagi Penduduk

4.3.1 Menentukan Metode Analisis Proyeksi Jumlah Penduduk

Berdasarkan hasil perhitungan dari ketiga metode yaitu metode aritmatika, geometrik dan least square maka diperoleh nilai yang terkecil berdasarkan standar deviasinya

yaitu metode dengan analisa aritmatika dengan nilai 2066,55.

Tabel 13 Resume Proyeksi Penduduk 2006-2010

Tahun	Penduduk	Aritmatika	Geometrik	Least Square
	X_i	Y_i	Y_i	Y_i
2006	18536	18536	18056	15925
2007	18640	19843	19339	17430
2008	18024	21150	20714	18934
2009	23227	22457	22187	20438
2010	23764	23764	23764	21943
Jumlah	102191	105750	104060	94670
Rata-rata	20438,2	21150	20812	18934
Korelasi (r)		0,8473	0,8593	0,8473
Standar Deviasi (S)		2066,55	2257,14	2378,51

4.3.2 Menentukan Jumlah Kebutuhan Air Domestik Kota Bengkulu
Berdasarkan analisa hitungan Menurut NSPM KIMPRASWIL; Pedoman/Petunjuk Dan Manual, kebutuhan air domestik terdiri atas kebutuhan rumah tangga dan hidran umum maka diperoleh kebutuhan air domestiknya yaitu sebesar 177,57 liter/detik.

4.3.3 Menentukan Jumlah Kebutuhan Air Non Domestik Kota Bengkulu

Sedangkan berdasarkan analisa hitungan Menurut NSPM KIMPRASWIL; Pedoman/Petunjuk Dan Manual, kebutuhan air non domestik adalah kebutuhan air bersih di luar kebutuhan untuk rumah tangga maka diperoleh sebesar 413,55 liter/detik atau setara $0,41 \text{ m}^3/\text{detik}$.

4.4 Analisa Ketersediaan Air

Dari hasil perhitungan ketersediaan air dengan metode mock hanya ada tiga sumber air baku yang mencukupi berdasarkan nilai debit andalannya yaitu Riam Marun, Sungai Karangan dan Riam Madi sedangkan untuk Riam Bide dan Sungai Bekuan tidak dapat mencukupi kebutuhan air kota Bengkulu.

Tabel 14 Ketersediaan Air Riam Marun

Bulan	Debit Andalan (m^3/detik)			
	80%	85%	90%	99%
Januari	6,146	5,866	5,587	5,084
Februari	2,842	2,383	1,923	1,095
Maret	3,209	2,695	2,182	1,258
April	3,385	2,955	2,524	1,750
Mei	1,066	0,950	0,835	0,628
Juni	1,692	1,310	0,927	0,238
Juli	1,306	0,973	0,639	0,040
Agustus	0,841	0,641	0,440	0,080
September	2,342	1,784	1,226	0,221
Oktober	5,300	4,206	3,112	1,143
November	6,470	6,238	6,006	5,588
Desember	4,998	3,881	2,764	0,753
Rata-rata	3,300	2,823	2,347	1,490

Tabel 14 Ketersediaan Air Riam Marun

Bulan	Debit Andalan (m^3/detik)			
	80%	85%	90%	99%
Januari	2,396	2,139	1,762	1,009
Februari	1,097	1,031	0,886	0,488
Maret	1,122	1,002	0,762	0,166
April	1,010	0,643	0,320	0,164
Mei	0,525	0,428	0,316	0,163
Juni	0,340	0,259	0,178	0,105
Juli	0,232	0,166	0,101	0,039
Agustus	0,140	0,128	0,112	0,080
September	0,865	0,481	0,165	0,090
Oktober	0,864	0,778	0,667	0,470
November	2,415	2,233	1,878	0,977
Desember	1,536	1,345	1,061	0,496
Rata-rata	1,045	0,886	0,684	0,354

Tabel 15 Ketersediaan Air Sungai Karang

Bulan	Debit Andalan (m ³ /detik)			
	80%	85%	90%	99%
Januari	2,873	2,564	2,112	1,211
Februari	1,316	1,236	1,061	0,586
Maret	1,345	1,201	0,913	0,199
April	1,210	0,770	0,384	0,196
Mei	0,626	0,512	0,379	0,195
Juni	0,408	0,310	0,214	0,126
Juli	0,277	0,199	0,120	0,047
Agustus	0,167	0,153	0,134	0,096
September	1,035	0,576	0,198	0,107
Oktober	1,036	0,932	0,799	0,563
Nopember	2,894	2,676	2,250	1,171
Desember	1,840	1,611	1,271	0,595
Rata-rata	1,252	1,062	0,820	0,424

Tabel 16 Ketersediaan Air Riam Madi

Bulan	Debit Andalan (m ³ /detik)			
	80%	85%	90%	99%
Januari	2,844	2,538	2,091	1,198
Februari	1,302	1,223	1,051	0,580
Maret	1,332	1,189	0,904	0,197
April	1,198	0,763	0,380	0,194
Mei	0,620	0,507	0,375	0,194
Juni	0,404	0,307	0,211	0,125
Juli	0,274	0,197	0,119	0,047
Agustus	0,166	0,152	0,133	0,095
September	1,025	0,571	0,196	0,106
Oktober	1,025	0,922	0,791	0,558
Nopember	2,864	2,649	2,228	1,159
Desember	1,821	1,595	1,259	0,589
Rata-rata	1,240	1,051	0,811	0,420

Tabel 17 Ketersediaan Air Riam Bide

Bulan	Debit Andalan (m ³ /detik)			
	80%	85%	90%	99%
Januari	2,740	2,445	2,015	1,154
Februari	1,254	1,179	1,013	0,558
Maret	1,283	1,147	0,872	0,189
April	1,156	0,736	0,367	0,188
Mei	0,603	0,491	0,362	0,187
Juni	0,390	0,296	0,204	0,120
Juli	0,266	0,191	0,115	0,045
Agustus	0,160	0,147	0,129	0,092
September	0,991	0,551	0,189	0,103
Oktober	0,989	0,890	0,762	0,538
Nopember	2,762	2,554	2,148	1,116
Desember	1,758	1,539	1,214	0,567
Rata-rata	1,196	1,014	0,782	0,405

4.5 Analisa Skala Prioritas dengan Metode Compromise Programming

Berdasarkan analisa perhitungan dari *Euclidean Distance*, *Normalized Distance*, *Normalized Distance* dengan factor bobot (α) dan Generalized Distance ditarik suatu alternatif

$P = 1$, alternatif terbaik ada pada sumber air baku Riam Madi

$P = 2$, alternatif terbaik ada pada sumber air baku Riam Madi

$P = \infty$, alternatif terbaik ada pada sumber air baku Riam Madi

dari kelima sumber air baku yang diidentifikasi yakni Riam Marun, Sungai Bekuan, Sungai Karang, Riam Madi dan Riam Bide sumber air baku yang dapat direkomendasikan untuk kebutuhan air bagi penduduk Kota

Bengkayang hingga tahun 2032 baik dari segi kualitas, kuantitas hingga kontinuitas adalah Riam Madi sebagai alternatif terbaik.

Tabel 18 Hitungan Nilai L_j^2 dan L_j

Kriteria (i)	α_i	Alternatif		
		Riam Marun	Sungai Bekuan	Sungai Karangan
Kualitas	0,2258	0,2244	0,2220	0,2258
Kuantitas	0,2665	0,0000	0,2665	0,1445
Kontinuitas	0,2013	0,0000	0,2013	0,1107
Lingkungan	0,1385	0,1385	0,0000	0,0396
Aksesibilitas	0,1679	0,1679	0,0998	0,0182
$L_j = L_i \max$		0,2244	0,2665	0,2258

Tabel 19 Hitungan Nilai L_j^2 dan L_j

Kriteria (i)	α_i	Alternatif	
		Riam Madi	Riam Bide
Kualitas	0,2258	0,2129	0,0000
Kuantitas	0,2665	0,0795	0,2360
Kontinuitas	0,2013	0,0584	0,0688
Lingkungan	0,1385	0,0000	0,1385
Aksesibilitas	0,1679	0,0000	0,0202
$L_j = L_i \max$		0,2129	0,2360

5. KESIMPULAN

Dari hasil survei di lapangan dan kajian yang telah dilakukan penulis dapat diambil suatu kesimpulan :

- 1) Dari analisa kualitas air, dapat dikatakan bahwa bahwa sumber air baku di lokasi studi saat ini, layak untuk dikembangkan sebagai sumber air bersih karena parameternya yang

di uji dalam sampel air di lokasi studi sudah memenuhi syarat dari kadar batas maksimum yang diperbolehkan dimana parameter warna tidak boleh lebih besar dari 50 TCU, untuk TDS tidak boleh lebih dari 1000 mg/l dan tidak mengandung senyawa fenol. Apabila ada parameter yang melewati batas yang diijinkan seperti CO, COD dan BOD dapat dilakukan penetralan dengan penambahan zat pengoksidasi pada kadar tertentu sedangkan untuk PO_4 dapat dilakukan dengan cara koagulasi.

- 2) Dari analisa proyeksi kebutuhan air untuk Kota Bengkayang didapat besarnya kebutuhan air yaitu 413,55 liter/detik sampai dengan tahun 2032.
- 3) Berdasarkan debit andalan 99% Riam Marun sebesar 1655,40 liter/detik, Sungai Bekuan sebesar 290,27 liter/detik, Riam Madi sebesar 420,060 liter/detik, Sungai Karangan 412,81 liter/detik dan Riam Bide sebesar 404,66 liter/detik. Ini menunjukkan dari kelima sumber air baku yang memenuhi kebutuhan bagi penduduk hingga tahun 2032 hanya ada dua yang memenuhi yaitu Riam Marun dan Riam Madi sedangkan untuk Sungai Bekuan, Sungai Karangan dan Riam Bide tidak mencukupi kontinuitas bagi penduduk di Kota Bengkayang.
- 4) Berdasarkan skala prioritas dengan Metode *Compromise Programming* dari kelima sumber air baku yang

diidentifikasi yakni Riam Marun, Sungai Bekuan, Sungai Karangan, Riam Madi dan Riam Bide maka sumber air baku yang layak memenuhi kebutuhan air penduduk untuk Kota Bengkayang hingga tahun 2032 adalah Riam Madi.

Daftar Pustaka

Biro Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Bengkayang Dalam Angka 2010

<http://air-qla.blogspot.com>

<http://raharjabayu.file.wordpress.com>

Chow, Ven Te. 1989. Hidrolika Saluran Terbuka. Jakarta: Erlangga.

Pambudi, Prasetyo. 2007. *Tugas Akhir: Studi Potensi Sumber Air Baku Potensi Di Kecamatan Badau*. Pontianak: Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990

Mock, F.J. 1973. Water Availability Appraisal In Indonesia (Land Capability Appraisal), Basic Study Prepared for the FAO/UNDP Land Capability Appraisal Project. Bogor, Indonesia, Februari.

Mohajit. 2001. *Rekayasa Lingkungan "Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dan Kebutuhan Air*. Bandung: ITB

NSPM KIMPRASWIL. Pedoman/Petunjuk Dan Manual Air Minum Perkotaan. Edisi Pertama, Desember 2002. Bagian 6 (Volume I) : 24

Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001

Saaty, Thomas.L. 1986. Based on the Analytical Hierarchy Proses-Expert Choice, Verton 8, Pittsburg.

Soemarto, C.D. 1986. *Hidrologi Teknik*. Edisi ke-2. Jakarta: Erlangga.

Soewarno. 1991. *Hidrologi "Pengukuran Dan Pengolahan Aliran Sungai"*. Bandung: Nova.

Soewarno. 1995. *Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*. Jilid Kedua. Bandung: Nova.

Soewarno. 2000. *Hidrologi Operasional*". Bandung: PT.Citra Aditya Bakti

UU RI No.7 Tahun 2004 dan Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 907 Tahun 2002